

## 発振器のパルス動作に関する基礎的研究

著者	斎藤 恒雄
号	135
発行年	1967
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10097/8871">http://hdl.handle.net/10097/8871</a>

氏 名 ( 本 籍 )	斎 藤 恒 雄 ( 宮 城 県 )
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	工 博 第 1 3 5 号
学 位 授 与 年 月 日	昭 和 4 3 年 3 月 2 6 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研 究 科 専 門 課 程	東 北 大 学 大 学 院 工 学 研 究 科 ( 博 士 課 程 ) 電 気 及 通 信 工 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	発振器のパルス動作に関する基礎的研究
	( 主 査 )
論 文 審 査 委 員	教 授 真 野 国 夫 教 授 喜 安 善 市 教 授 西 沢 潤 一 教 授 松 尾 正 之 助 教 授 高 木 相

## 論 文 内 容 要 旨

### 第 1 章 緒 論

非線形振動回路あるいは非線形振動系においては，系に含まれる非線形特性が本質的な役割を果していることから，従来，その基本となる諸特性の根本的な究明あるいはその統一的な取扱いも十分行なわれているとは言い難く，未だ多くの問題が残されている。

本論文は，これら振動回路のうちで最も重要なものである帰還形発振器について，回路中の非線形特性を十分考慮して，非線形振動論の立場から基本的な諸特性，とくに過渡的な挙動，すなわちパルス動作に関して統一的に把握して，振動回路解析の基礎を確立するとともに，その結果をもとにして振動回路の新しい利用面に関する基礎資料を得たものである。

## 第2章 従来の研究の概観と本研究の意義

電子回路における非線形振動現象に関する基礎的な研究は、B. Van der Polによつてその基礎が築かれ、以後Van der Polによる非線形自励振動のモデルは、振動回路の基本形として研究され、その基本特性については詳細に明らかにされてきた。

しかし、振動回路としての最も基本的な帰還形発振器は、このようなモデルとはかなり異なつた動作あるいは現象を示すことが多く、より高階の非線形動作となるものであるが、これらに関して深く考察されたものはない。とくにこれらの振動回路にみられる周期的振動が生滅する間歇振動については、その本質的な動作機構、振動回路の基本特性との相関などに関しての把握は未だ不十分である。したがつて、このような振動回路について、非線形振動論的な立場から基礎的な検討を加えることは重要な問題である。

一方、振動回路に対して外力が作用する場合の応答特性についても、発振器の同期引込み現象として古くから研究されてきた。

この同期引込み特性は、発振器中に存在する雑音成分を減少せしめて高い安定度を得る方式、あるいは雑音中の周期信号、角度変調信号の検出を行なう方式に利用し得るものである。

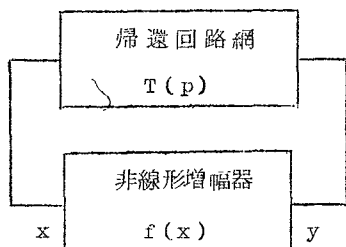
そこで著者は、これらの問題についての基礎的な考察として、同期信号に不要の雑音成分が伴う場合の発振器の同期引込み特性を解明し、とくに同期引込みの過渡特性との関連でパルス的な信号の検出に利用するための基本特性について検討した。

以上の問題は、発振器における振幅および位相ならびに周波数のパルス的な動作として統一的に把握されるものであるが、非線形振動系においてはかなり複雑な現象あるいは動作であり、従来この種の動作を基本的、統一的に把握しようとした成果は見当たらない。

このような問題を考察するにあたり、著者は、回路の動作あるいは現象の本質を示す基本的なパラメータを抽出した最も基本となる形を求め、その基本特性を解明した。このような基本となる形の基本特性を考察することによつて、非線形系にみられる特異な現象をより鮮明に把握できると同時に、これらを基本としてより複雑な系、あるいはより複雑な現象の解明に際しての一つの足がかりとなるものと考えられる。

## 第3章 振幅のパルス動作

帰還形振動回路は、図3, 1のように表示される。このような振動回路は、一般に従来までの非線形振動回路のモデルとは異なり、回路に含まれるあるパラメータが振動の成長に伴つて変化



$T(p)$  : 帰還回路の伝達関数

$f(x)$  : 増幅器の伝達特性

$$p = \frac{d}{dt}$$

図 3 , 1

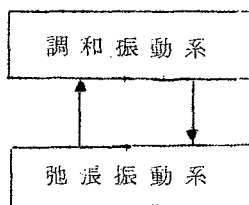


図 3 , 2

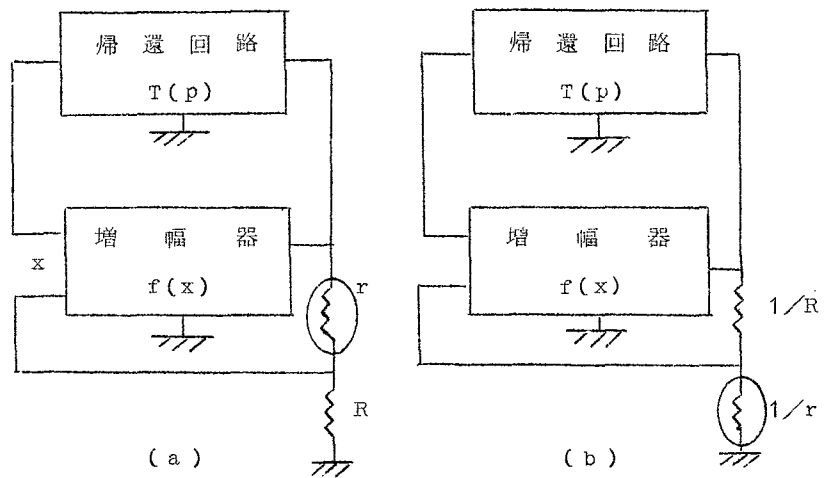
し、しかもその変化が再びもとの振動に作用して平衡するような振動系となり、最も基本的なものでも三階の非線形振動系となつている。このような振動系は、図 3 , 2 に示すように調和振動系と弛張振動系が結合されて一つの振動系が構成されていると考えることによつて、その動作が十分明確に把握できることを明らかにした。

したがつて、調和振動系のパラメータと弛張振動系のパラメータを規定すれば、振動回路の過渡特性、定常振動あるいはこのような系に特有な間歇振動現象などの基本特性が明確に得られ、これらの諸特性と回路条件あるいは回路内の非線形特性との相関を一般的な形で表示した。

これらをさらに明確にするため、図 3 , 1 の回路の代表的な例として一般のトランジスタ発振器などの帰還形発振器を取りあげ、その動作を考察した。このような振動回路では増幅器の入力端の動作点が弛張振動系のパラメータとなり、回路の動作を支配する非線形特性は、指数関数で近似することを提案し、これにより、その諸特性を適確に表現できるとともに具体的な回路例とも十分よく対応することを示した。

その結果、帰還形発振器の動作特性の詳細が明らかとなり、とくにこのような回路における間歇振動現象は振動の過渡特性と密接な関連があることを明らかにし、発生または防止の条件を明確にした。

さらに具体的なもう一つの例として、CR 発振器などで一般に用いられる図 3 , 3 に示すような熱慣性素子を含む振動回路を取りあげて考察した。これらの回路においては、熱慣性素子の温



$r$  : 熱慣性素子

図 3 , 3

度が弛張振動系のパラメータとなり，前の考察の結果を適用して検討することにより増幅器の非線形特性と間歇振動との相関を明らかにし，間歇振動の挙動を体系的に把握した。

また間歇振動姿態をもつ発振器の新しい遠隔測定用送量装置への応用を提案し，その諸特性を詳細に検討した。その結果簡単な構成で，トランジスタを用いた場合に問題となる周囲温度変化による特性変化を除くことができるなどの勝れた特性を有することを明らかにし，実用的にも十分な基礎資料を得た。

#### 第 4 章 周波数および位相のパルス動作

図 4 . 1 に示すように同期信号を発振器の入力，同期振動を発振器の出力と考えると，出力は

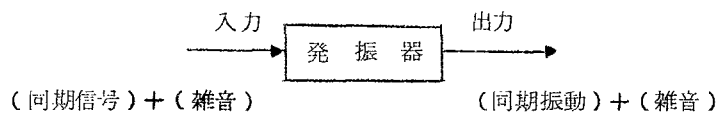


図 4 , 1

入力の同期信号によつて引き込まれた信号であつて，しかも出力では同期信号に伴う雑音成分は抑圧されて信号対雑音比は大幅に改善される。これは発振器の同期引き込み現象のため発振周波数

は同期範囲内にある外部信号に引込まれ、同期範囲外の他の成分を抑圧する信号弁別効果によるものである。

ここでは、このような発振器の同期引込み特性を用いて雑音中の信号弁別を行なう方式を提案し、その基礎考察として同期引込み特性あるいは同期信号に不要の成分が伴う場合の発振器の応答特性について検討した。

まずはじめに、振動回路に同期信号が作用する場合の基本となる式を求め、これをもとにして同期引込み範囲、および同期信号の周波数あるいは位相がパルス的に変調されているような場合の応答特性について考察した。

その結果、これらの信号に対する応答特性を規定するものは、同期引込みの範囲を示すパラメータであることを明らかにした。

ひきつづいて、同期信号に不要の成分が伴う場合の応答として、まず不要成分が単一の正弦波である場合の基本特性、さらに従来まで十分明確にされていない不要成分が一般のランダム雑音の場合の発振器の動作の基本を総合的に解明した。

すなわち、同期信号に不要の成分が伴うときの発振器の挙動を示す基本式を求め、これによって、雑音による同期振動の振幅および位相のゆらぎの確率密度関数、同期振動出力の周波数スペクトル、同期振動周波数の漂動などの同期振動の確率的な性格を同期引込み範囲を示すパラメータあるいは回路の非線形特性との関連で明確にした。

つぎに発振器による信号弁別効果を、検出すべきものが周期信号の場合、あるいは符号誤り率の観点からパルス的に変調された信号の場合について考察し、発振器を周波数あるいは位相情報検出に利用するための基礎資料を得た。さらにこの弁別効果の限界、通常の濾波器との比較検討あるいは同期引込みの過渡応答特性との関連などを考察し、その実用性について検討を加えた。

## 第5章 総合的結論

本研究においては、一般の帰還形振動回路は、従来の非線形振動モデルでは取り扱うことができないことを指摘し、このような振動回路の基本的かつ一般的なモデルを導入した。これをもとにして、このような振動回路の詳細な動作特性を明らかにし、実際の発振器に適用してそれぞれの具体的な回路例に対し実用上設計に必要な諸条件を明らかにすることができた。

また、このような振動回路の同期引込み特性を用いて雑音中の信号弁別を行なう方式の基礎考察として、信号弁別のための諸条件を具体的な回路条件との関連で明らかにした。

以上の結果、従来まで不明確であつた振動回路の詳細な諸特性を統一的に十分明確にすること

ができたと同時に、新しい応用面に関する重要な示唆を得ることができた。また、このような結果を基礎としてより複雑な振動回路の研究のための一つの足がかりが得られたものと考えられる。

## 第6章 付録Ⅰ－接合形トランジスタ発振器に関する考察

ここでは、本研究による具体的な例として、現在一般に用いられている接合形トランジスタ発振器をとりあげ、調和振動領域における諸特性を考察し、トランジスタの特性を考慮して最もよい能率で発振せしめるための条件、あるいはトランジスタを発振器に用いた場合の特有な現象としてエミッタ接合の降服現象およびその対策を検討した。

この結果、トランジスタ発振器の設計のための一つの指針を得ることができた。

## 第7章 付録Ⅱ－同期引込みによる周波数安定化に関する基礎考察

発振器内に存在する雑音成分を減少せしめて安定化する一つの方法として安定な微小信号を注入して同期引込みを行なわせるものがある。しかし、これらに関する基礎的な考察はほとんど行なわれていない。

そこで、ここでは自励振動に対する雑音の影響について考察し、これと第4章における結果と比較することによって、発振器内に存在する雑音成分に対する同期引込みの効果について考察し、同期引込みによる発振器雑音の軽減、あるいは発振周波数の安定化に関する基礎資料を得ることができた。

## 謝

## 辞

終りに、本研究に終始ご指導、ご鞭撻を賜った真野国夫教授、有益なご教示を賜った喜安善市教授、松尾正之教授、西沢潤一教授ならびに本学諸先生、ご討論、ご助言をいただいた高木相助教授に深く感謝する次第である。

## 審査結果の要旨

発振器は電子回路中重要なものとして、従来より多くの研究がなされているが、帰還形発振器の過渡的な挙動については、極めて重要視されているにもかかわらず、その体系的な取り扱いの困難性のために、従来これを十分に把握しているものはない。本論文は帰還形発振器について、非線形振動論の立場から、過渡的な挙動、すなわちパルス動作について、体系的に把握し、発振器の理論的展開をなすとともに、新しい利用面に関する基礎資料を得ることを意図したもので、5章および付録よりなる。

第1章は緒論である。第2章では、関連する従来の研究を検討し、問題点を指摘して本研究の立脚点を明確にしている。

第3章では、発振振幅がパルス動作をする発振器については、従来の非線形自励振動モデルでは取り扱うことが出来ないことを指摘し、間歇振動発振器の基本的かつ一般的なモデルを導入している。そうして、それを使用して解析し、間歇振動の挙動を体系的に把握するとともに、実際の発振回路に適用して、その回路条件を明らかにしている。また間歇振動状態をもつ発振器の諸特性を詳細に考察し、新しい遠隔測定用送量装置への利用を提案している。

第4章では、発振器の周波数および位相のパルス動作を、とくに工学的に利用面の大きい引き込み発振器の問題として、パルスの外部信号が加わった場合の発振器の応答につき詳細な理論的ならびに実験的考察を行なって、その動作の基本を総合的に解明している。さらにこれを、外部信号が雑音をとまなり場合に拡張して、雑音中の信号弁別効果として把握し、周波数あるいは位相情報の検出に利用するための方法について提案をしている。これらは、新しい理論展開であり、提案である。

第5章は総合的結論である。

ついで付録Ⅰでは、本研究による具体的事例として、トランジスタ発振器の動作解析の結果を、また付録Ⅱでは、新しい分野への発展として、同期引き込みによる発振器の発振周波数の安定化に関する基礎資料を与えている。

以上、これを要するに、本論文は帰還形発振器のパルス動作を一般的に解明し、その回路条件を明らかにするなど、発振器の非線形理論を展開するとともに、その応用についても多くの示唆と資料を与えたもので、回路工学の進展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。